

**Kraft und Trainierbarkeit
bei Oberschenkelamputierten**

Hansjörg Bräuninger

1960



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DEM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR ARBEITSPHYSIOLOGIE
DORTMUND

Direktor: Prof. Dr. med. G. Lehmann

**Kraft und Trainierbarkeit
bei Oberschenkelamputierten**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hansjörg Bräuninger
aus München

München 1960

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Professor Dr. med. E. A. MÜLLER
Correferent: Professor Dr. med. R. WAGNER
Dekan: Professor Dr. H. EYER

Tag der mündlichen Prüfung: 25.10.1960
20. DEZ. 1960



I. EINLEITUNG

Nach den Ergebnissen der Volkszählung vom 13. 9. 1950 gab es zu diesem Zeitpunkt im Bundesgebiet rund 200 000 Körperbehinderte mit Verlust von Gliedmaßen. Dazu kommt eine noch größere Anzahl von Körperbeschädigten mit Verkrüppelungen, Verstümmelungen, Versteifungen und Lähmungen von Gliedmaßen. Diesen an Gliedmaßen Beschädigten stehen nochmal genau so viele Versehrte mit Behinderungen anderer Art, wie Verletzungen der Sinnesorgane oder des Gehirns, inneren Erkrankungen und deren Folgezustände u. a. mit einer M.d.E von 50 % und mehr gegenüber.

Nachdem schon im I. Weltkrieg von ärztlicher Seite die Möglichkeit mit Versehrten Körpererziehung zu treiben klar erkannt wurde, - die von MALLWITZ damals aufgestellten Grundsätze haben noch heute Gültigkeit - machten die weitaus verheerenderen Folgen des II. Weltkrieges und die Erfahrungen mit den Versehrten des I. Weltkrieges den Versehrtensport geradezu notwendig. Das Hauptkontingent der Körperbehinderten stellen nämlich die Kriegsversehrten, und da wiederum die Männer, die jetzt im Alter zwischen 35 und 55 Jahren stehen. Um nur eine genaue Zahl zu nennen: am 30. Sept. 1954 waren von den orthopädisch versorgten Kriegsbeschädigten im Bundesgebiet und West-Berlin 70 388 einseitig oberschenkelamputierte Männer.

Doch auch ohne Kriegsversehrte wird in einigen Jahrzehnten eine sehr große Zahl von Körperbehinderten nach Krankheit und Unfällen und Personen mit angeborenem Leiden an das Versehrtenproblem erinnern.

Der Versehrtensport (zitiert nach HÄRTING) wurde in der Kriegsopferversorgung als eine ergänzende Heilbehandlungsmaßnahme anerkannt. Im Jahre 1954 erfaßte die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Versehrtensport bereits 16 000 Mitglieder. Doch auch neben dem Versehrtensport (der gezielten Gruppenbewegungstherapie, vorwiegend in spielerischer Form, unter ärztlicher Aufsicht und von Versehrtensportwarten geleitet) und neben der Krankengymnastik (der Einzelbehandlung der Körperbeschädigten durch eine staatlich geprüfte Krankengymnastin) wird nach Möglichkeiten gesucht, dem Versehrten im Sinne der Rehabilitation und Prävention zu helfen.

Eine Reihe von Autoren (UFLAND, REYS, BETHE und FISCHER, SCHOCHRIN, CULLUMBINE, S. ROBINSON, HETTINGER (1) u. a. m.) beschrieben die Kräfte verschiedener Muskelgruppen und stellten zwischen diesen starke Unterschiede fest. Mit Kraftverhältnissen am Stumpf und Normalbein bei O. S. und U. S. hat sich vor kurzem HETTINGER (2) beschäftigt. HETTINGER konnte zeigen: an 158 Oberschenkelamputierten (Stumpf und erhaltenem Bein) und 100 Gesunden (Normalbein) wurden die Drehkräfte der O. S. Beuger, -Strecker, -Abduktoren und Adduktoren

gemessen. Die Kräfte in den 4 Bewegungsrichtungen zeigen nur geringe Unterschiede, wobei die Beugekräfte am größten und die Kraft der Adduktoren am geringsten war. Die nur geringe Differenz zwischen den verschiedenen Drehrichtungen dürfte u. a. dadurch bedingt sein, daß teilweise die gleichen Muskeln bei der Abduktion bzw. Adduktion, wie bei der Streckung und Beugung beteiligt sind.

Setzt man die Drehkraft des Normalbeins gleich 1, so besteht folgendes Kraftverhältnis.

1,0 : 0,70 zwischen Normalbein und erhaltenem Bein des Oberschenkelamputierten,

1,0 : 0,34 zwischen Normalbein und Stumpf des Oberschenkelamputierten.

Der Befund, daß die Kräfte des Normalbeins größer sind, als die Kräfte am erhaltenen Bein des Amputierten, ist offenbar dadurch bedingt, daß der Amputierte auch sein erhaltenes Bein nicht in dem Maße einsetzt, wie es der Normalbeinige tut. Außerdem fehlen die Gegenkräfte des 2. Beines. Der gewisse Atrophiezustand der Muskulatur des erhaltenen Beines wird dadurch bedingt sein, daß die zur Erhaltung der Normalkraft nötigen 20 - 30 % der Maximalkraft fehlen. Für die noch geringeren Drehkräfte des Stumpfes spielt neben dem Atrophiezustand natürlich noch die Tatsache eine Rolle, daß infolge der Amputation die Muskelansätze am Femur teilweise fehlen. Die operative Verbindung von Agonisten und Antagonisten bietet keinen ausreichenden Ersatz dafür. Die Kraft des Stumpfes ist für je 10 cm größere Stumpflänge um 2 - 3 kg größer.

Bei den Oberschenkelamputierten in Gehschulen sind die Kräfte des erhaltenen Beines im Durchschnitt geringer, als bei den sich meist sportlich betätigenden Versuchspersonen in einem Sportsanatorium, die Kräfte des Stumpfes gleich. Durch den üblichen Versehrtensport wird wohl mehr das erhaltene Bein, als der Stumpf trainiert. Die Kräfte des Stumpfes der Versehrten mit geringerer Gehhäufigkeit liegen um rund 25 %, die Kräfte des erhaltenen Beines um rund 20 % niedriger, als die Kräfte der Versehrten mit normaler Gehhäufigkeit.

Obwohl die Kenntnis von den Kräften des erhaltenen Beines und vor allem des Stumpfes bei Oberschenkelamputierten und das Verhältnis zu den Kräften von Normalbeinigen für Prothesenbau und Versehrtensport von Wichtigkeit sind, interessiert hier mehr noch die Trainierbarkeit, d. h. die Möglichkeit der Kraftsteigerung.

Im Jahre 1895 hatte ROUX bereits klar herausgestellt, daß nur Vergrößerung des Arbeitswiderstandes über das gewöhnliche Maß hinaus zu Muskelwachstum führt, nicht dagegen verlängerte Arbeit gegen einen gewohnten Arbeitswiderstand. Im Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund wurde von HETTINGER und MÜLLER die Frage behandelt, welcher Trainingsreiz notwendig ist, um einen Muskel zum Wachstum anzuregen.

Es konnte gezeigt werden, daß die maximale Muskelkraft in folgender Weise von der geleisteten Kraft abhängt:

Kontrahiert man den Muskel einmal täglich mit einer Kraft, die zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{3}$ der maximal möglichen Kraft liegt, so ändert sich seine Maximalkraft nicht. Dieser Indifferenzbereich, in dem es weder zu einem Training noch zu einer Atrophie kommt, dürfte im Bereich der täglich vorkommenden Muskelanspannungen liegen. Es genügt jedoch eine einzige Kontraktion, die $\frac{1}{3}$ der Maximalkraft oder mehr übersteigt, um ein - wenn auch geringes - Training zu bewirken. Diesen Trainingsreiz kann man als überschwellig bezeichnen. Eine Trainingskraft, die über 50 % der Maximalkraft liegt, steigert den Trainingseffekt nicht mehr. Liegen die täglichen Muskelanspannungen unter 20 % der Maximalkraft, so kommt es zu einem Kraftverlust.

Die oben genannten Autoren fanden weiterhin, daß ein häufigeres Training als einmal täglich den Trainingseffekt nicht erhöht, und daß es genügt, die Muskelanspannung eine Sekunde lang aufrecht zu erhalten.

Die Frage nach dem größtmöglichen Trainingseffekt läßt sich also dahingehend beantworten, daß es ausreicht, täglich einmal eine Muskelanspannung von rund 50 % der Maximalkraft zu erzeugen, und diese Spannung eine Sekunde aufrecht zu erhalten.

Es wurde empfohlen, in der Praxis mit der Maximalkraft selbst zu trainieren, weil dann die Frage nach der Trainingskraft und die Kontrolle der Anspannungsdauer der Muskulatur entfallen. Die Anspannung der Muskulatur muß außerdem gegen einen Widerstand erfolgen, der größer ist, als die Maximalkraft.

MÜLLER und HETTINGER (1) beschäftigen sich auch mit dem Muskeltraining an Amputationsstümpfen. Der Trainingseffekt bei atrophischer Muskulatur beträgt das 4 - 5fache des Wertes, der bei normaler Muskulatur gefunden wurde.

Die genannten Autoren beschrieben Trainingsversuche mit einem 55jährigen und seit 30 Jahren Oberschenkelamputierten. Nach täglichem Maximalkrafttraining über 12 Wochen hinweg wurde die Kraft am Stumpf um 33 % gesteigert. Der zuvor völlig atrophisierte Stumpf hatte wieder einen guten Tonus und der Patient gab an, daß er seine Prothese nun sehr viel besser beherrsche.

Daß ein Training der Stumpfmuskulatur wesentlich ist, zeigten Versuche an einem anderen Oberschenkelamputierten, bei dem nachgewiesen werden konnte, daß die Stumpfmuskulatur beim Gang aktiv eingesetzt wird und daß sie für den Gang des Amputierten von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Im Jahre 1952 bereits berichteten MÜLLER und HETTINGER (1) auf dem Orthopädischen Kongreß über ihre Versuche mit Muskeltraining und hoben die große Bedeutung ihrer Methoden für die Orthopädie hervor.

Wegen der geringen Anzahl von Versuchspersonen bestand ein Interesse an einer größeren Anzahl von Versuchspersonen folgendes zu zeigen:

- I. Kraftverhältnisse der Hüftmuskulatur bei Oberschenkelamputierten an Stumpf und erhaltenem Bein (im Vergleich zur oben angeführten Arbeit von HETTINGER (2).
- II. Trainierbarkeit der Hüftmuskulatur bei Oberschenkelamputierten, d. h. den Erfolg des Muskeltrainings nach täglichem Maximalkrafttraining ebenfalls an Stumpf und erhaltenem Bein.
(Im Vergleich zu früheren Arbeiten von MÜLLER und HETTINGER (1).

II. METHODE

Zu diesen Versuchen standen 120 einseitig Oberschenkelamputierte Männer aus den 5 Kuren von März bis Juli 1958 im Sportsanatorium Isny (Chefarzt Dr. BRÄUNINGER) zur Verfügung. Am Anfang und am Ende dieser Kuren wurden am Stumpf und am erhaltenen Bein die Drehkräfte im Hüftgelenk in den 4 Bewegungsrichtungen (Beugung, Streckung, Abduktion und Adduktion) von sämtlichen 120 Versuchspersonen (Vpen) gemessen. Zwischen der Anfangsmessung und der Schlußmessung lagen im Durchschnitt genau 3 Wochen.

60 Vpen unterzogen sich ausschließlich Maßnahmen im Rahmen einer heilgymnastischen Kur (Gruppe B).

Die anderen 60 Vpen. führten neben diesen Maßnahmen zusätzlich ein tägliches Maximalkrafttraining der Hüftmuskulatur am Stumpf und am erhaltenen Bein durch (Gruppe A). Im Durchschnitt wurde pro Kurt an 14 Tagen geübt.

Die Daten der Versuchspersonen sind in Tabelle I aufgezeigt. Die geringfügigen Unterschiede zwischen den Daten der Gruppe A und B liegen im Rahmen der normalen Schwankungsbreite.

Das Gerät zur Kraftmessung wurde von HETTINGER (2) beschrieben: Es ermöglicht am senkrecht herabhängenden Bein eines aufrechtstehenden Menschen die in einem bestimmten Abstand (a) vom Hüftgelenk bei isometrischer Muskelkontraktion maximal erreichbare Kraft (p) zu erfassen, wobei der Abstand vom Hüftgelenk bis zur Meßstelle in Metern, p die Kraft in kp bedeutet. (Drehmoment $a \times p$)

Beim Aufbau eines solchen Kraftmeßgerätes mußten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- I. Möglichst geringe Veränderung der Oberschenkelstellung bei der Messung, d. h. es mußte ein statisches Meßelement mit geringer Dehnung verwendet werden.
- II. Leichte Anpaßbarkeit bei verschiedener Stumpflänge und Körperproportionen.

In den Abbildungen 1 - 4 wird das Kraftmeßgerät dargestellt, U. z. in Abbildung I bei der Kraftmessung der Beuger, in Abb. 2 der Strecker, in Abb. 3 der Adduktion und in Abb. 4 der Abduktion.

Das Becken der Vp wird durch verstellbare gepolsterte Schalen schraubzwingenartig fixiert. Das nicht gemessene Bein steht auf einem durch unterzulegende Bretter in seiner Höhe verstellbaren Podest in einem Rahmen, der die Gegenkraft aufnimmt. Die vor und hinter dem Körper befindlichen Längsstangen stehen jeweils in der Sagittalebene, die seitlichen Stangen in der Frontalebene des linken und rechten Beines. Die Längsstangen stellen die Verbindung zwischen oberem und unterem Ring des Gestelles her und geben ihm dadurch die nötige Festigkeit. An jeder Stange ist ein in seiner Höhe verstellbares kleines Tablett angebracht, auf das das Meßelement zu liegen kommt. Um das zu messende freihängende Bein bzw. den Stumpf wird in einem bestimmten Abstand vom Hüftgelenk eine Schlaufe gelegt, an der ein Haken befestigt ist.

Da von der elektrischen Meßmethode HETTINGERS abgegangen wurde, mußte das Gerät im folgenden modifiziert werden:

In den Haken der Schlaufe eingehakt und durch einen Bolzen mit dem an jeder Stange verschiebbaren Tablett befestigt, wird das eigentliche Meßelement ein- bzw. angebracht. Zwischen dem Haken der Schlaufe und dem Meßelement, einer in kg geeichten Federwaage, kann eine Kette eingeschaltet werden, um den Stumpf bzw. das zu messende erhaltene Bein in eine genau senkrechte Lage bringen zu können. Durch Zug an der Federwaage schlägt deren Zeiger aus, und man kann die durch diesen Zug ausgeübte Kraft an der in kg geeichten Skala der Federwaage ablesen. Der Weg der Federwaage beträgt 0,2 mm pro kg Zug, so daß die Muskelanspannung praktisch isometrisch erfolgt.

Die Kraftmessungen am Stumpf wurden ohne Prothese, die Messungen am erhaltenen Bein mit der Prothese als Standbein durchgeführt. Um ein Einknicken bei der Kraftmessung der Strecker am erhaltenen Bein zu verhindern, wurde die Prothese mit der Hand des Untersuchenden im Kniegelenk fixiert. Je nachdem, ob das Bein im Hüftgelenk gebeugt, gestreckt oder adduziert werden sollte, wurde die Schlaufe so angebracht, daß sich der Haken an der Rückseite, Vorderseite oder Außenseite des Beines befand.

Die Methodik der Kraftmessung ergibt sich aus den Abb. 1 ~ 3 (in der Reihenfolge: Beugung, Streckung und Adduktion) die Methodik bei der Abduktion aus den Abb. 4 und 5.

Der obere und der untere Ring besteht aus jeweils zwei halbkreisförmigen Teilen und wird im Versuch durch Splinte zusammengehalten. Der obere Ring trägt die Schraubzwingen zur Fixierung des Beckens. Vor dem Versuch wird das Gerät geöffnet, indem auf einer Seite die Splinte des oberen und unteren Ringes herausgenommen werden.

Um die Anfang- und Schlußmessung möglichst unter den gleichen Bedingungen durchführen zu können, wurde die Vp aufgefordert, in jedem Versuch gerade zu stehen und die Arme über der Brust zu verschränken. Außerdem wurden die durch bunte Leukoplaststreifen gekennzeichneten Glieder der Kette, die bei der Anfangsmessung zwischen Federwaage und Schlaufe eingehakt waren, im Versuchsprotokoll für die Schlußmessung festgehalten.

Um das Drehmoment (Kraft x Hebelarm) berechnen zu können, mußte noch der Abstand zwischen dem Angriffspunkt der Kraft am Oberschenkel und dem Hüftgelenk gemessen werden. Dazu wurde der obere Rand der Schlaufe mittels eines Fettstiftes an der Außenseite des Oberschenkels markiert und von diesem Strich der kürzeste Abstand (in Metern) zur Spitze des Trochanter major auf einem Bandmaß abgelesen.

Nach dieser Methode und in dem oben beschriebenen Kraftmeßgerät wurden an 120 Vpen die Drehkräfte in den 4 Bewegungsrichtungen an Stumpf und erhaltenem Bein am Anfang und am Ende ihrer heilgymnastischen Kur gemessen.

BECK und HETTINGER konnten in einer Studie zeigen, daß Kraftmessungen bei Rentengutachten unbrauchbar sind, da die Patienten nicht ihre tatsächliche Kraft einsetzen, aus Furcht, ihre Rente gekürzt zu bekommen. Maximalkraftmessungen, bei denen man auf die Mitarbeit der Untersuchten angewiesen ist, sind praktisch nur nach entsprechender Aufklärung möglich. Das subjektive Meßverfahren der Kräfte hat im Fall dieser Untersuchung die Resultate also nicht beeinflußt.

Im folgenden seien nun speziell die Maßnahmen für einseitig Oberschenkelamputierte einer heilgymnastischen Kur beschrieben, denen sich sämtliche 120 Vpen unterzogen haben.

Die heilgymnastische Kur (zitiert nach BRÄUNINGER) stellt eine Kombination von klima- und milieubedingten, balneologischen, diätetischen und psychotherapeutischen Faktoren dar, an deren Spitze jedoch die Bewegungstherapie steht, auf die das Sportsanatorium in Isny in allen Variationen eingestellt ist. Letztere umfaßt neben der Einzelbehandlung den Gruppensport der Verehrten, u. z. nicht als Leistungssport, sondern als Ausgleichssport im Sinne der Heilgymnastik. Durch

zweckmäßige, auf den Gliedverlust abgestimmte Übungen sollen Standfestigkeit, Kraft, Geschicklichkeit und Kreislauftätigkeit gefördert und ein Übergewicht vermieden werden. Im Vordergrund steht die Körperschulung ohne, mit und am Gerät in langsam gesteigertem und gestuftem Ablauf und mit betonter Rhythmik.

Die Oberschenkelamputierten absolvierten pro Tag 2 Sportstunden unter der Leitung des Sportlehrers, die bei schönem Wetter oft auf dem Sportplatz und sonst in der Turnhalle abgehalten wurden. Die erste Viertelstunde der vormittäglichen Sportstunde mit Prothese war zur Verbesserung der Gangtechnik einer kurzen Gehschule gewidmet. Im Durchschnitt hatte rund ein Drittel der Vpen bereits früher eine Gehschule absolviert. Nach der Methode des Hauses wurde im Hüftschwinggang die Aufrichtung des Körpers und die Lockerung des Beckens, im Sitzdruckgang die normale Belastung des gesunden Beines und die Bewältigung kleiner Hindernisse und im Gesäßmuskelgang der natürliche Gang mit Anspannung und Entspannung geübt. Nach anschließenden Lockerungsübungen stand allgemeine Körperschulung ohne und mit Gerät (Medizinball, Gymnastikball oder Turnstab) auf dem Programm, u. z. im Gehen, im Stand, im Sitz oder in Bauch- und Rückenlage, ohne und mit Partner. Mit Spielen wie Faustball, Prellball, Sitzball, Ball unter der Bank oder Ringtennishockey klang die Vormittagssportstunde aus. Die Sportstunde am Nachmittag fand ohne Prothese statt. Am Anfang des Programms stand hier die freie Stumpfarbeit zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit, zur Beweglichmachung und zur allgemeinen Kräftigung des Stumpfes. Danach wurden meist Bodenturnen, Übungen an Geräten wie Sprossenwand, Kletterstangen, Schaukelringe und Leitern oder Geräteturnen an Reck und Barren durchgeführt. Die 2. Sportstunde endete fast immer mit Sitzball oder Ball über die Schnur, Handball und Ball unter der Bank, was jeweils im Sitzen gespielt wurde. Im freien Sport waren Tischtennis, Federball und Kegeln die beliebtesten Sportarten.

In den Sommermonaten Juni und Juli stand naturgemäß das Schwimmen, als die geeignetste Sportart für den Versehrten, mit Schwimmunterricht, Wettschwimmen und Wasserball im nahegelegenen städt. Waldbad im Vordergrund. Dem entsprechend dominierte bei der Märzkur noch bei außergewöhnlich guter Schneelage der Skilauf, der in kleinen Gruppen, aufgeteilt in Anfänger und Fortgeschrittene im Krückenskilau und Skiwandern mit Prothese, unter Leitung erfahrener Skilehrer durchgeführt wurde.

Neben der Bewegungstherapie unterzogen sich die Vpen im Durchschnitt 8 zusätzlichen Behandlungen in der biophysikalischen Abteilung. Je nach Fall überwogen hier krankengymnastische Behandlungen des Stumpfes mit Widerstandsübungen, Unterwassermassagen und Kreislaubbädern. Als integrierender Bestandteil der heilgymnastischen Kur in Isny gilt noch ein dreimaliger Saunabesuch und

für die Übergewichtigen eine Entschlackungs- und Entfettungsdiät.

Für die 60 Vpen der Gruppe A, die zusätzlich zu der oben beschriebenen heilgymnastischen Kur im Durchschnitt 14mal pro Kur ein Maximalkrafttraining durchführten, mußte ein Ort gefunden werden, wo sie einmal am Tag ungestört üben und sich bei jeder der 4 Übungen, bei Beugung, Streckung, Abduktion und Adduktion mit beiden Händen festhalten konnten. Als geeigneter Ort wurde die Kehre im Treppenaufgang vom Keller zum Erdgeschoß im Sportsanatorium gewählt. In die Wand der Fensterseite wurde in 75 cm Höhe vom Boden weg ein Haken eingegipst, in den eine Kette einzuhakten war, an deren anderem Ende eine Schlaufe angebracht war. Die Vpen stellten sich beim Training des Stumpfes z. B. bei der Streckung so auf, daß sie zur Festerseite blickten und sich mit beiden Händen am Fenstersims festhalten konnten. Vorher streiften sie die Schlaufe über den Stumpf, hakten die Kette so ein, daß der Stumpf bei Anspannung senkrecht nach unten hing und führten eine maximale Muskelkontraktion durch indem sie den Stumpf nach hinten gegen den Widerstand der Schlaufe drückten. Zum Training der Adduktoren drehten sich die li.-seitig Oberschenkelamputierten um 90 Grad nach rechts, die re.-seitig Amputierten nach links und hielten sich mit der linken bzw. rechten Hand am Fenstersims und mit der rechten bzw. linken an der gegenüber und in gleicher Höhe befindlichen Rundung des Treppengeländers fest. Bei leichter Anspannung blieb die Schlaufe bei der Drehung am Stumpf. Nach einer weiteren Drehung um 90 Grad in der gleichen Richtung standen die Vpen mit dem Rücken zur Fensterseite und konnten sich bei der Beugung mit beiden Händen am Treppengeländer halten. Zur Abduktion mußten die Amputierten nach einer nochmaligen Drehung die Kette verlängern und vor dem Körper vorbeiführen. Das Training am erhaltenen Bein verlief, mit der Prothese als Standbein, nach der gleichen Methode. Die Vpen waren aufgefordert, sich nach jedem Training zur Kontrolle mit der Trainingszeit in eine beim Arzt aufgelegte Liste einzutragen.

Bei der 1. Kraftmessung am Anfang der Kur wurde für jede der 120 Vpen ein Protokoll angelegt. Siehe Protokollbeispiel.

In Tabelle I sind, aufgeteilt nach Gruppe A und B, Alter, Größe, Gewicht, Stumpflänge, Amputationsseite und M.d.E. angeführt. Die Stumpflänge wurde von der Mitte der Inguinalfalte ab gemessen. Die mittlere M.d.E von 75 % besagt, daß manche Amputierte infolge zusätzlichen Schadens eine höhere Rente erhalten.

Außerdem wurden am Anfang und am Ende der Kur an Stumpf und erhaltenem Bein Muskelumfang und Unterhautfettgewebe gemessen. Zur Umfangsmessung wurden die zur Kraftmessung in Turnhose erschienenen Vpen aufgefordert, sich auf eine Untersuchungsbank zu legen. An dem Bandmaß, das zur Stumpflängen-

messung von der Mitte der Inguinalfalte zur Mitte der Stumpfspitze gelegt war, wurden die Abstände von 5, 10, 15 und 20 cm zur Inguinalfalte mit einem Fettstift auf der Vorderseite des Oberschenkels markiert, und in Höhe dieser Markierungen der Umfang des Oberschenkels in angespanntem und entspanntem Zustand an dem glatt und straff um den Oberschenkel gelegenen Bandmaß abgelesen. Zur Unterhautfettgewebemessung wurde an der Innenseite des Stumpfes und des erhaltenen Beines eine Weichteilfalte von der Muskulatur abgehoben und mittels einer Schubleere gemessen. Aus diesen Messungen konnte der Muskelquerschnitt auf folgende Weise errechnet werden. Aus dem mittleren Umfang $2r\overline{M}$ wurde r errechnet und davon der halbierte Wert aus der Unterhautfettgewebemessung abgezogen. Darauf erfolgte die Querschnittsberechnung aus der Formel $r\overline{M}$ und von diesem Wert der Abzug des mittleren Femurquerschnitts von $6,4 \text{ cm}^2$.

Weiterhin wurden die Vpen nach dem Zeitpunkt ihrer Amputation und nach der Anzahl ihrer Nachamputationen gefragt. Dazu erfolgte eine Feststellung von Besonderheiten am Stumpf.

Die meisten Vpen, nämlich 96,7 % gaben an, zwischen 1940 und 1945 amputiert worden zu sein. Bei über der Hälfte, bei 54,2 %, wurde eine Nachamputation durchgeführt. 1/4 der Vpen (25,8 %) hatte keine und 1/5 (genau 20 %) mehr als eine Nachamputation. Besonderheiten verschiedener Arten am Stumpf mußten, auf die Gruppen A und B gleich verteilt, bei noch nicht ganz der Hälfte, bei 45 % der Vpen, festgestellt werden.

Nach der Häufigkeit der Stumpfbesonderheiten ergab sich folgende Reihenfolge: schlechte Weichteildeckung (38,9 %), ausgedehnte Narbenbezirke (35,2 %), Stauungserscheinungen (12,9 %), Kurzstümpfe (7,5 %), und Streckkontrakturen (5,5 %). In Tabelle II sind diese Ergebnisse übersichtlich angeordnet.

Darauf wurden die Vpen gefragt, wie häufig sie ihre Prothese tragen, ob die Ersatzprothese paßt und ob sie eine Schlesierbandage benutzen, ferner wurden Achsen und Gewicht der Prothese festgestellt.

Der hohe Prozentsatz, nämlich 88,3 % der Vpen, die ihre Prothese dauernd, d. h. von morgens bis früh am Abend tragen - der Rest trägt sie stundenweise - erklärt sich auch daraus, daß die an und für sich in Isny selteneren Krückengeher für die Untersuchungen nicht verwendet werden konnten, weil die Prothese ja als Standbein für Kraftmessung und Training am erhaltenen Bein gebraucht wurde. Daß bei 45,9 % der Vpen die Ersatzprothese genau so gut paßt wie die in Gebrauch befindliche, ist eine erfreuliche Tatsache. 25,8 % der Vpen gaben an, daß die 2. Prothese nicht, bzw. nicht mehr paßt und die restlichen 28,3 % können die Ersatzprothese nur noch notfalls und für kurze Zeit tragen. Rund ein Viertel aller Vpen benützte zu den ausschließlich vorkommenden Saugprothesen Bandagen oder

Gurte. Ein- und mehrachsige Prothesen waren, auch auf die Gruppen A und B, gleich verteilt. Das durchschnittliche Gewicht der Prothesen, in die in der Hauptsache 12 der bekannten Kniegelenkkonstruktionen eingebaut waren, betrug 3,5 kg. (Tabelle III gibt über diese Ergebnisse einen Überblick.)

Zum Schluß wurden die Vpen noch nach Gehhäufigkeit und Teilnahme am **Verkehrtsport** gefragt.

Nach den Angaben über die berufliche Tätigkeit, die Benützung öffentlicher Verkehrsmittel, den Besitz eines eigenen Fahrzeuges und über Freizeitgestaltung konnten die Vpen in 3 Gruppen aufgeteilt werden. Die Gruppe von Vpen, die viel mit der Prothese zu Fuß unterwegs sind, ist mit 14,2 % die kleinste (große Gehhäufigkeit). Die Vpen, die mittelmäßig und die, die wenig gehen, halten sich die Waage (mittlere bzw. geringe Gehhäufigkeit). Die Unterscheidung von Vpen, die keinen Sport treiben, von solchen, die sich unregelmäßig, d. h. bis zu dreimal im Monat, und von denen, die sich regelmäßig, also mindestens einmal wöchentlich sportlich betätigen, ergab ebenfalls drei Gruppen. Die letzte dieser Gruppen, der fast ausschließlich Mitglieder von Verkehrtsportvereinen angehören - einige wenige nur beteiligen sich an allgemeinen Sport- oder Schwimmstunden - war mit 37 % aller Vpen erfreulich groß. Die Gruppe der Nichtsporttreibenden war mit 43,3 % allerdings etwas stärker.

III. ERGEBNISSE

1. Gewichtsvergleich zum Normalen

Die Frage des übermäßigen Fettansatzes von Beinbehinderten ist mit der Problemstellung von Kraft und Trainierbarkeit eng verknüpft. Wir wissen schon aus Experimenten von GRUND, daß Muskeltraining den Fettgehalt der Muskeln herabsetzt. HETTINGER und MÜLLER-WECKER konnten zeigen, daß umgekehrt Untätigkeits-Atrophie der Muskeln den Fettgehalt stark vermehrte. Ein starker Tätigkeitsreiz allein bedeutet schon einen wesentlichen Schutz gegen übermäßigen Fettansatz. Training ist sozusagen gleichbedeutend mit einer Verschiebung des Fett-Eiweiß-Verhältnisses im Körper zugunsten des Eiweiß. Ein hoher täglicher Kalorienumsatz mit mäßiger Anstrengung wirkt dagegen keineswegs gewichtszehrend.

Im allgemeinen wird ein Mensch, dessen Durchschnittsgewicht 10 % übersteigt, als übergewichtig, eine Person, deren Gewicht 10 % des Durchschnittsgewichtes unterschreitet, als untergewichtig bezeichnet (FENEIS).

Die meist in der Praxis angewandte BROCA'sche Formel, die das Sollgewicht in kg nach der Körpergröße in cm minus 100 berechnet, ist weitgehend unzuverlässig, da nie Gewichtsunterschiede vorkommen, die 10 % im Vergleich zu dem von den Lebensversicherungsgesellschaften errechneten Durchschnittsgewicht betragen.

Das Durchschnittsgewicht der Bevölkerung ist in Deutschland von einzelnen Lebensversicherungen in sorgfältigen Untersuchungen ermittelt worden. Eine ähnliche Aufstellung ist in Amerika durch das LIFE EXTENSION INSTITUTE OF NEW YORK CITY veröffentlicht worden. Die mittlere Schwankungsbreite dieser Tabelle beträgt 13 % und entspricht auch hierin weitgehend den Ergebnissen der deutschen Untersuchungen. Diese Tabelle wurde den folgenden Berechnungen zugrunde gelegt und ist als Tabelle IV angegeben.

Beim Vergleich der Zahlen dieser Tabelle mit dem Gewicht der Oberschenkelamputierten ergaben sich insofern erhebliche Schwierigkeiten, als die durch die Amputation verringerte Körpermasse in Rechnung gestellt werden muß. Nach SCHULZE muß man, als Ersatz für die Amputation, $\frac{1}{8}$ zum Körpergewicht zuschlagen, wenn der Oberschenkel in der Mitte abgesetzt ist, wie das bei einer mittleren Stumpflänge von 24 cm der Fall ist. Da die Vpen ohne Prothese gewogen wurden, mußte nur für Turnbekleidung 1 kg berechnet werden, so daß dadurch das hypothetische Körpergewicht errechnet werden konnte, um einen Vergleich mit den Nichtamputierten zu ermöglichen.

Bei der mittleren Körpergröße von 173,5 cm liegt das so errechnete hypothetische Durchschnittsgewicht von 78 kg um 13 % über dem Sollgewicht von 69 kg, d. h. genau an der oberen Grenze der mittleren Schwankungsbreite.

Im einzelnen mußte bei 45 % der Vpen ein Übergewicht festgestellt werden. Das Gewicht dieser Personen lag im Durchschnitt 24 % über dem Sollgewicht. Diesen 45 % Übergewichtigen stehen nur 3,3 % Untergewichtige gegenüber mit einer Differenz von 18 % zum Sollgewicht.

Das Gros mit 51,7 % der Vpen stellen die Normalgewichtigen mit + 8 % bis - 3,5 % zum Sollgewicht. Tabelle V gibt einen Überblick über diesen Gewichtsvergleich zum Normalen.

In Tabelle VI sind die Veränderungen der Gewichte während der Kur übersichtlich angeordnet. Das durchschnittliche Körpergewicht bei Kurbeginn der Vpen, die am Ende der Kur mehr als 0,5 kg zugenommen haben (67,7 kg) ist gegenübergestellt dem durchschnittlichen Gewicht der Vpen, die bei Kurende eine Gewichtsabnahme von mehr als 0,5 kg verzeichneten (73,3 kg). Dazu ist das Gewicht vom Anfang der Kur der Vpen an gegeben, bei denen keine Gewichtsveränderung (+ - 0,5 kg) meßbar war (70,7 kg). An Gewicht abgenommen haben 37,5 % der Vpen. Gewichtszunahme mußte bei 40,8 % der Vpen festgestellt werden.

2. Die Drehkräfte an Stumpf und erhaltenem Bein

In Abb. 6 wurden die Kräfte der Stumpfmuskulatur und der Muskulatur des erhaltenen Beines sämtlicher 120 Vpen in Gruppen von 3 zu 3 kgm zusammengefaßt und als Häufigkeitsverteilung für jede Bewegungsrichtung (Beugung, Streckung, Abduktion, Adduktion) dargestellt. Die Werte stammen durchwegs aus den Messungen vor den heilgymnastischen Kuren. Auf der Abszisse wurden die Drehmomente, auf der Ordinate die Prozentzahlen der Fälle aufgetragen. Die Lage der Mittelwerte wurde als senkrechte Linie eingezeichnet, der Mittelwert der Drehmomente an den Linien vermerkt. Die Mittelwerte fallen praktisch mit den Häufigkeitsmaxima zusammen.

Abb. 6 läßt erkennen, daß die Kräfte des erhaltenen Beines größer sind als die Kräfte des Stumpfes. Im Mittel der 4 Bewegungsrichtungen beträgt die Kraft des Stumpfes rund 80 % der Kraft des erhaltenen Beines. Ferner fällt der geringe Unterschied der Kräfte in den verschiedenen Bewegungsrichtungen auf.

Die größte Differenz der Kräfte zwischen erhaltenem Bein und Stumpf findet sich bei den Adduktoren, die geringste bei den Streckern und Beugern. In jedem Fall betragen die Stumpfkkräfte 69 % der Kräfte des erhaltenen Beines, während HETTINGER (2) im Durchschnitt aller seiner Messungen nur 50 % gefunden hat. Der Unterschied liegt darin, daß HETTINGER bei etwa gleich großen Stumpfkkräften wie in der vorliegenden Versuchsreihe sehr viel höhere Kräfte des erhaltenen Beines gemessen hat. Die Ursache dieser Differenz ist vermutlich methodischer Natur.

3. Muskelquerschnitt in Beziehung zur Muskelkraft

Es war von Interesse, die Ergebnisse daraufhin zu sichten, ob eine Beziehung zwischen Muskelkraft und Muskelquerschnitt besteht.

Aus der Umfang- und Unterhautfettgewebemessung konnte mit Hilfe der oben beschriebenen Methode der Muskelquerschnitt berechnet werden. Im Mittel der Gruppen A und B wurde am Stumpf ein durchschnittlicher Querschnitt von 150 cm² gefunden, der bei der 2. Messung um einen cm² höher lag. Der Unterschied ist statistisch nicht gesichert. 10 % der Vpen mußten im Laufe ihrer Kurzeit durch einen Orthopädiemechaniker ihre Prothese ausfräsen lassen, da entweder der Stumpf stärker wurde, oder empfindliche Druckstellen entstanden. Andere wenige, meist erheblich übergewichtige Vpen, hatten am Ende ihrer Kur das subjektive Gefühl, daß der Stumpf tiefer in der Prothese sitzt.

Im ganzen gesehen werden die mit der Oberschenkelumfangmessung erfaßten Muskeln offenbar nicht trainiert. Das Training erstreckt sich auf die Hüftgelenkmuskulatur (Glutaeus max. und min., Iliopsoas u. a.).

Eine Beziehung zwischen Muskelquerschnitt des Oberschenkels und Muskelkraft der Hüftmuskulatur konnte weder bei Gruppe A noch bei Gruppe B erwartet werden.

4. Kraft und Gehhäufigkeit

Tabelle VII gibt die Ergebnisse der Beziehung zwischen den Muskelkräften und der Gehhäufigkeit wieder. Am Stumpf lagen die Kräfte in den 4 Bewegungsrichtungen bei den Personen mit geringer Gehhäufigkeit bei 24,3 kgm, bei den Personen mit mittlerer Gehhäufigkeit bei 25,6 kgm und bei der Gruppe mit großer Gehhäufigkeit bei 27,9 kgm. Die Ergebnisse aus den Gruppen 1 und 3 sind statistisch gesichert. Am erhaltenen Bein entsprechen den 3 Gruppen die Werte 29,2, 32,6 und 34,4 kgm. Hier sind die Ergebnisse aus der 2. und 3. Gruppe signifikant gegen den Wert der Gruppe mit geringer Gehhäufigkeit.

Die Kraft des Stumpfes wie des erhaltenen Beines ist bei den Amputierten mit geringer Gehhäufigkeit um rund 15 % geringer als bei Amputierten mit großer Gehhäufigkeit. Die geringe Belastung der Beinmuskulatur führt bei den Amputierten mit geringer Gehhäufigkeit zu einer stärkeren Muskelatrophie als bei Amputierten mit großer Gehhäufigkeit.

Sämtliche Untersuchungen verstehen sich für den Gang mit Prothese. Die Aufteilung der Gruppen ist in Abschnitt II beschrieben und aus Tabelle III ersichtlich.

5. Kraft und Versehrtensport

In Tabelle VIII sind die Ergebnisse der Beziehung zwischen Muskelkraft und Versehrtensport dargestellt. Die Aufteilung der Personen in ebenfalls drei Gruppen (kein Sport, unregelmäßige und regelmäßige Teilnahme am Versehrtensport) ist aus Tab. III ersichtlich.

Die Muskelkräfte in den 4 Bewegungsrichtungen betrugen am Stumpf für die Gruppe der Nichtsporttreibenden 21,4 kgm, für die 2. Gruppe 27,1 kgm und für die 3. Gruppe 28,7 kgm. Signifikant sind die Ergebnisse der Gruppen 2 und 3 gegenüber dem Wert der 1. Gruppe.

Am erhaltenen Bein lagen die Kräfte für die einzelnen Gruppen bei 28,7, 31,4 und 34,5 kgm. Hier ist das Ergebnis der 3. Gruppe statistisch gesichert gegen die Werte aus der 1. und 2. Gruppe.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Kraft des Stumpfes bei Amputierten, die keinen Sport treiben, um 28 %, die Kraft des erhaltenen Beines um 17 % geringer ist, als bei Amputierten, die sich regelmäßig, d. h. mindestens einmal wöchentlich, sportlich betätigen.

Daraus folgt, daß durch den Versehrtensport der Muskulatur des erhaltenen Beines wie auch des Stumpfes Trainingsreize gegeben werden, die zur Erhaltung der Kraft oder gar zur Kraftsteigerung notwendig sind.

6. Trainierbarkeit

Tab. 9 zeigt die absoluten Werte der Drehkräfte in kgm für Stumpf und erhaltenes Bein vor der Kur und nach der Kur, jeweils für Gruppe A und Gruppe B. Untereinander geordnet stehen die Werte für Beugung, Streckung, Abduktion und Adduktion.

In Tab. 10 ist die mittlere prozentuale Zunahme der Drehkräfte während der Kur mit dem mittleren Fehler des Mittelwertes für die verschiedenen Kombinationen von Stumpf und erhaltenem Bein mit und ohne zusätzliches Training zusammengestellt. Sowohl für Stumpf wie für erhaltenes Bein ist in einer Spalte die Differenz der prozentualen Zunahme mit und ohne zusätzliches Training (A - B) errechnet. Wieder stehen untereinander die Wertereihen der 4 Drehrichtungen und darunter deren Mittelwert.

Für jede einzelne Versuchsperson wurde die Differenz der Drehkräfte vor und nach der Kur gebildet, diese Differenzen gemittelt und der mittlere Fehler dieser Mittelwerte errechnet. Auf diese Weise erhält man die mittlere Streuung der mittleren Zunahme der Kräfte mit und ohne Training. Die Summe der mittleren Fehler des Mittelwertes von 2 zu vergleichenden Meßreihen darf nicht größer sein als der Abstand der beiden zu vergleichenden Mittelwerte, wenn 95 % Wahrscheinlichkeit für einen Unterschied der beiden Werte bestehen soll. Die gefundenen Unterschiede der Kraftzunahme zwischen der Gruppe mit und der Gruppe ohne zusätzlichem Training können also als statistisch-signifikant angesehen werden. Einzig beim Vergleich der Zunahme der Adduktoren des erhaltenen Beines mit und ohne zusätzlichem Training ist dies nicht der Fall.

Die Mittelwerte der Tab. 10 zeigen, daß durch das zusätzliche Training sowohl der Stumpf, als auch das erhaltene Bein etwa 10 % mehr Kraft gewinnen als ohne das zusätzliche Training. Der Zuwachs an Kraft ist durch Kur und zusätzliches Training beim Stumpf etwa 65 %, beim erhaltenen Bein etwa 40 % größer als durch die Kur allein. Das zeigt deutlich, daß die Kur im wesentlichen das erhaltene Bein trainiert, während das zusätzliche Training im wesentlichen den Stumpf betrifft.

Weiter ist noch folgendes interessant. Das Maximum an Kraftzunahme durch Kur und Training liegt bei Stumpf und erhaltenem Bein ungefähr in gleicher Größe (28,2 bzw. 31,4 %). Das ist nach den von HETTINGER und MÜLLER dargestellten Gesetzen über die Abhängigkeit des Trainings von den Trainings-Reizen zu erwarten. Nach diesen Gesetzen erhält man ein Maximum an Training, wenn die inter-

essierenden Muskelgruppen sich einmal täglich kontrahieren. Das ist beim zusätzlichen Training der Fall. Bei dem durch die Kur gegebenem Training dagegen dürfte es nicht immer der Fall gewesen sein. Andererseits ist nicht zu erwarten, daß die durch zusätzliches Training allein hervorgerufene Kraftzunahme durch die Kur weiter verstärkt werden kann, weil schon maximale Reize gegeben wurden.

Da die Trainingszeit während der Kur nicht vollkommen gleichmäßig verteilt war, stellt Tab. 11 noch die mittlere Kraftzunahme pro Woche in % des Ausgangswertes dar. Untereinander geordnet stehen wieder die Werte für Beugung, Streckung, Abduktion und Adduktion für Stumpf und erhaltenes Bein jeweils für Gruppe A und Gruppe B und darunter deren Mittelwert. Im Mittel der 4 Bewegungsrichtungen betrug der Kraftzuwachs pro Woche bei der Gruppe mit zusätzlichem Training rund 10 % des Ausgangswertes und bei der Gruppe ohne zusätzlichem Training rund 3 % weniger.

Abb. 7 - 10 geben für die 4 Kombinationen von Stumpf, erhaltenem Bein und zusätzlichem Training oder keinem zusätzlichem Training die Häufigkeitsverteilung für die 4 Drehrichtungen wieder.

Abb. 4 stellt diese 4 Blätter noch einmal auf einem Blatt zusammen, wobei keine Aufgliederung in die 4 Drehrichtungen vorgenommen wurde. Außerdem zeigt Abb. 11 nicht die prozentuale, sondern die absolute Verteilung der Häufigkeit der Drehkräfte.

Schließlich interessierte noch die unterschiedliche Trainierbarkeit in den 4 Bewegungsrichtungen. Setzt man für den Stumpf und das erhaltene Bein, für die Gruppen mit und ohne zusätzlichem Training, die mittlere prozentuale Zunahme der Abduktionskräfte während der Kur gleich 100 %, so kommt man zu den in Tabelle 12 dargestellten Verhältniszahlen für die Kraftzunahme der Strecker, Beuger, Adduktoren. Es fällt auf, daß die Zunahme der Abduktionskräfte rund 20 % bis 30 % größer ist, als der Kraftzuwachs in den anderen Bewegungsrichtungen. Die geringste Trainierbarkeit zeigten in allen Fällen die Adduktoren.

IV. DISKUSSION UND PRAKTISCHE ANWENDUNG

In einer früheren Arbeit von MEYERINGH und STEFANI wurde bereits darauf hingewiesen, daß sich die Zahl der Übergewichtigen der im Zeitraum 1949 - 1955 untersuchten Oberschenkelamputierten (18 %) gegenüber der in der Zeit zwischen 1940 - 1948 untersuchten verdoppelt hat (9 %). Obwohl dort weitaus mehr Oberschenkelamputierte zu einer in mancher Beziehung andersartigen Untersuchung herangezogen wurden, kann man doch auf Grund der hier vorliegenden Untersuchung behaupten, daß sich die Zahl der Übergewichtigen bei Oberschenkelamputierten von 1955 - 1958 wieder mindestens verdoppelt hat.

Diese Tatsache beweist doch, daß man gerade den Beinversehrten nicht oft genug vor Augen halten kann, daß für sie die Beibehaltung ihres (nach der Tabelle von SCHULZE zu berechnenden) Normalgewichtes zu den wichtigsten Aufgaben zählen sollte, und sie auf die Gefahren und Folgen einer Übergewichtigkeit aufmerksam macht. Neben den vielen und individuell verschiedenen Wegen gegen Übergewicht soll hier nur auf den einen zusätzlichen hingewiesen werden: den Sport.

Für den Amputierten ist Sport oder längeres Gehen nicht immer möglich. Einen teilweisen, bezüglich der Kraftsteigerung ausreichenden Ersatz bietet dafür das oben beschriebene Schnelltrainingsverfahren, nach dem die Gruppe A ihr zusätzliches Training gestaltete.

Auf die Unterschiede der Ausgangskräfte und deren Ursache wurde bereits in der Besprechung der vorhergehenden Abschnitte eingegangen.

Die vorliegenden Untersuchungen über die Trainierbarkeit haben gezeigt, daß der Trainingseffekt bei der Gruppe mit zusätzlichem Training größer war, als bei der Gruppe, die sich ausschließlich Maßnahmen einer heilgymnastischen Kur unterzog. Der geringere Effekt bei der Gruppe ohne zusätzlichem Training läßt darauf schließen, daß in dieser Gruppe überschwellige Trainingsreize in der Hüftgelenkmuskulatur seltener als einmal täglich erfolgten.

Ferner fällt auf, daß das zusätzliche Training im wesentlichen den Stumpf, der Sport jedoch mehr das erhaltene Bein trainiert. Deshalb wäre gerade beim Sport ohne Prothese eine Intensivierung wirksamer Trainingsreize für die Muskulatur des Stumpfes angebracht, wogegen man bei heilgymnastischen Übungen das Training der Muskulatur des erhaltenen Beines nicht vergessen sollte.

Die Versehrten können jedoch auch zu Hause ein Muskeltraining durchführen. Man benötigt dazu einen Wandhaken, eine Schlaufe und ein Stück Kette. An die mit

Karabinerhaken versehene Schlaufe wird eine Kette eingehakt, die an einem Haken in der Wand befestigt ist. Das Training durch maximale Muskelkontraktionen ist in Abschnitt II genau beschrieben.

Als noch einfacher empfiehlt es sich für die Versehrten, den Stumpf gegen eine gut gepolsterte Stelle, z. B. an einem niedrigen Tisch oder am Treppengeländer etc., wo sie sich mit den Händen dagegenstemmen und festhalten können, in den 4 Bewegungsrichtungen und mit maximaler Kraftaufwendung zu drücken. Mit der Prothese als Standbein, läßt sich auf diese Weise auch das erhaltene Bein trainieren. Dieses Training, das sich ohne Schwierigkeit täglich einmal durchführen läßt, sollte für alle Amputierten, hauptsächlich für die Beinamputierten, zur Selbstverständlichkeit werden.

Im Abschnitt III/3 über die Beziehung zwischen Muskelquerschnitt und Muskelkraft wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Muskulatur des Stumpfes durch Kur-Training und auch durch das zusätzliche Training nicht erfaßt werden konnte, weil ja die höher liegende Hüftmuskulatur trainiert wurde.

Speziell für das Training von Stumpfmuskeln wurde von MÜLLER und HETTINGER (2) ein einfaches Verfahren angegeben. Da man bei einem wie oben beschriebenem Training der Stumpfmuskulatur die Enden der Stumpfmuskulatur schwer erfassen kann, mußte man der Umfangvergrößerung des Stumpfes eine Kraft entgegensetzen, um auf diese Weise der quer zu den Muskelfasern ausgeübten Kraft eine Gegenkraft entgegensetzen zu können. Zu diesem Zwecke wurde ein dem Stumpf angepaßtes konisches Rohr aus Weißblech angefertigt und in dieses eine Blutdruckmanschette eingeklebt. Wird nun die Blutdruckmanschette in dem über den Stumpf gezogenen Rohr aufgeblasen, so wird die Muskulatur zwischen Rohr und Femur festgeklemt. Der Amputierte kann so die Muskeln zwischen den festgeklemtten Enden und den Ansatzpunkten am Becken anspannen. Als Maß der Gegenkraft dient der Druckanstieg in der Blutdruckmanschette.

Abschließend soll noch erwähnt werden, daß das weiter oben beschriebene Maximal-Kraft-Training sich natürlich auch mit anderen Muskelgruppen, so z. B. Arm- und Rumpfmuskulatur durchführen läßt. Auch Herz und Lungen sollten gelegentlich durch kurze Übungen, die "außer Atem" bringen, maximal beansprucht werden.

Daraus ersieht man, daß den Amputierten mannigfache Möglichkeiten vorgeschlagen werden können, die zur Erhaltung des Normalgewichtes, der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Lebenstüchtigkeit mit beitragen können. Es liegt an ihnen selbst, diese zu nützen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

An 120 einseitig Oberschenkel-amputierten Männern wurden am Anfang und am Ende ihrer 4-wöchentlichen heilgymnastischen Kuren am Stumpf und am erhaltenen Bein die Drehkräfte in den 4 Bewegungsrichtungen (Beugung, Streckung, Abduktion und Adduktion) gemessen. 60 Vpen unterzogen sich ausschließlich Maßnahmen im Rahmen einer heilgymnastischen Kur (Gruppe B). Die andere Hälfte der Vpen führte neben diesen Maßnahmen ein tägliches Maximalkrafttraining an Stumpf und erhaltenem Bein durch (Gruppe A).

Bei Gruppe A gewinnen Stumpf wie erhaltenes Bein 10 % mehr an Kraft als bei Gruppe B. Der Zuwachs an Kraft ist bei Gruppe A beim Stumpf etwa 65 %, beim erhaltenen Bein etwa 40 % größer als bei Gruppe B. Die Kur bzw. der Sport trainiert mehr das erhaltene Bein, während das zusätzliche Training im wesentlichen den Stumpf betrifft. Das Maximum an Kraftzunahme bei Gruppe A lag bei Stumpf und erhaltenem Bein ungefähr in gleicher Größe. Die wöchentliche Kraftzunahme betrug bei Gruppe A rund 10 % der Ausgangskraft, bei Gruppe B 3 % weniger.

Die Zunahme der Abduktionskräfte war rund 20 % bis 30 % größer, als der Kraftzuwachs in den anderen Bewegungsrichtungen. Die geringste Trainierbarkeit zeigten die Adduktoren.

Beim Vergleich der Ausgangskräfte wurde festgestellt, daß die Kraft des Stumpfes rund 80 % der Kraft des erhaltenen Beines beträgt. Der Unterschied der Kräfte in den 4 Bewegungsrichtungen war gering.

Die Kraft des Stumpfes wie des erhaltenen Beines ist bei Amputierten mit geringer Gehhäufigkeit um rund 15 % geringer als bei Amputierten mit großer Gehhäufigkeit. Die Kraft des Stumpfes bei Amputierten, die keinen Sport treiben, ist um 28 %, die Kraft des erhaltenen Beines um 17 % geringer als bei Amputierten, die sich regelmäßig sportlich betätigen.

Bei 45 % der Vpen mußte ein Übergewicht festgestellt werden.

Zum Schluß wurde eine Intensivierung der überschwelligen Trainingsreize für die Muskulatur des Stumpfes und des erhaltenen Beines und den Versehrten ein leicht auszuführendes tägliches Muskeltraining vorgeschlagen.

PROTOKOLLBEISPIEL

GRUPPE: bei Gruppe A Trainingstage:
 Name: Vorname: Vp-Nr.:
 Wohnort:

Alter: Jahre, Größe: cm, Gewicht: kg.
 (ohne Prothese)
 Gewicht der Prothese: kg, Stumpflänge: cm.

Besonderheiten des Stumpfes:
 (Beugekontraktion etc.)

Links- oder rechts-seitige Amputation:

Wann amputiert:

Nachamputation?

Prothesen-Typ: M.d.E.:

Datum der 1. Messung: Einachser:

Datum der 2. Messung: Mehrachser:

Tagesdifferenz: Versehrtensport:

Umfangmessungen:	Stumpf				Normalbein	
	cm				cm	
	normal		kontrahiert			
	Messung		Messung		Messung	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.

Höhe Inguinalfalte

5 cm unter "

10 cm " "

15 cm " "

20 cm " "

Unterhaut-Fettgewebe
(OS-Innenseite gemessen)

.....

Kraftmessungen:

.....

Abstand	Beugung	Streckung	Abduktion	Adduktion
Hüftgelenk				
cm				

.....

	kg
Stumpf	DM

.....

	kg
Normalbein	DM

.....

Beruf:

Paßt die 2. Prothese ?

Wird Prothese dauernd getragen?

Wieviel km wird täglich gegangen?

TABELLE I

Gruppe	Anzahl	Alter	Größe	Gewicht	mittl. Stumpflänge	Amput.-seite re. li.	M.d.E.
A	60	38 (18-37)	173 (162-185)	69,1 (57-83)	24 (16-32)	30	74,5 %
B	60	39 (29-50)	174 (162-185)	71,9 (52-94)	23 (13-34)	27	75,5 %

(in Klammern der niedere und höchste Wert)

TABELLE II

Amputation zwischen 1940 - 1945	Nachamputation keine eine mehr als 1	keine mit Be- sond.h.	Besonderheiten am Stumpf			
			schlechte Weichteil- deckung	ausged. Narbenbe- zirke	Stauungs- erschei- nungen	Kurz- stüm- pfe
96,7 %	25,8 54,2 20 %	55 % 45 %	38,9 %	35,2 %	12,9 %	7,5 %
						5,5 %

TABELLE III

Gebrauch dauernd	stunden- weise	Ersatzprothese		Achseln		Verschlehtensport		Gehhäufigkeit	
		gut	paßt nicht	ein- achs.	mehr- achs.	kein unregel- mäßig	regel- mäßig	groß	mittel gering
88,3 %	11,7 %	45,9	25,8	48,3	51,7 %	43,3 %	20 %	36,7 %	14,2 41,6 44,2 %

TABELLE IV

Durchschnittsgewichte des
LIFE EXTENSION INSTITUTE OF NEW YORK CITY

Größe <u>cm</u>	Gewicht		
	untere Grenze	<u>kg</u> mittlere Grenze	obere Grenze
150,0	49,4	54,8	61,6
152,5	50,3	55,7	62,5
155,0	51,2	56,6	63,4
157,5	52,1	58,0	65,2
160,0	53,5	59,3	66,6
162,5	55,3	61,2	68,9
165,0	56,6	63,0	70,7
167,5	58,4	64,8	72,9
170,0	59,8	66,6	74,7
172,5	61,6	68,4	77,0
175,0	63,9	70,7	79,3
177,5	65,7	72,9	82,0
180,0	68,0	75,7	85,2
182,5	70,7	78,4	87,9
185,0	72,9	81,1	91,1

TABELLE V
Gewichtsvergleich zum Normalen

	<u>Anzahl</u>	<u>a. M.</u>		<u>Differenz</u>	
	<u>%</u>	<u>Größe</u> cm	<u>Gewicht</u> kg	<u>zum Sollgewicht</u> kg	<u>%</u>
Gesamt	100	173,5	78,0	+ 9,0	+ 13,0
Übergewichtige	45	173,5	85,5	+ 16,5	+ 24,0
Normalgewichtige	51,7	173,5	72,0	+ 3,0	+ 4,5
Untergewichtige	3,3	176,0	58,0	- 13,5	- 18,0

TABELLE VI
Gewichtsveränderungen während der Kur.

A. M. des Anfangsgewichts der Vpen, die zugenommen, abgenommen bzw. ihr Gewicht gehalten haben.

	<u>Anzahl der Fälle</u> <u>%</u>	<u>Gewicht</u> kg
Zunahme	40,8	67,7
keine Gewichts- veränderung (+ - 0,5 kg)	21,7	70,7
Abnahme	37,5	73,3

TABELLE VII
Kraft und Gehhäufigkeit

	gering	mittel	groß
Stumpf	$24,3 \pm 1,3$	$25,6 \pm 1,3$	$27,9 \pm 2,3$
erh. Bein	$29,2 \pm 1,2$	$32,6 \pm 1,3$	$34,4 \pm 1,6$

TABELLE VIII
Kraft und Versehrtensport

	kein	unregelmäßig	regelmäßig
Stumpf	$21,4 \pm 1,2$	$27,1 \pm 1,9$	$28,7 \pm 1,3$
erh. Bein.	$28,7 \pm 1,2$	$31,4 \pm 1,6$	$34,5 \pm 1,3$

Die Werte der Tab. VII und VIII stellen die Drehkräfte (kgm) in den vier Bewegungsrichtungen aus der Messung am Kurbeginn und die mittleren Fehler des Mittelwertes dar.

TABELLE IX

Die mittleren Drehkräfte des Stumpfes und des erhaltenen Beines vor und nach der Kur für je 60 Oberschenkel-Amputierte mit und ohne zusätzliches Training während der Kur.

	Stumpf				erhaltenes Bein			
	vor der Kur		nach der Kur		vor der Kur		nach der Kur	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Beugung	5,89	6,13	7,24	6,90	6,91	6,98	8,51	8,14
Streckung	5,90	6,27	7,57	7,33	6,50	7,10	8,43	8,43
Abduktion	6,78	6,81	8,86	7,89	7,98	8,78	10,72	10,56
Adduktion	6,27	6,43	7,49	7,17	9,32	9,09	10,66	10,40

A = mit zusätzlichem Training während der Kur

B = ohne zusätzliches Training während der Kur

TABELLE X

Die mittlere prozentuale Zunahme der Drehkräfte während der Kur und mittlere Fehler des Mittelwertes für Stumpf und erhaltenes Bein von je 60 Oberschenkel-Amputierten mit und ohne zusätzliches Training

	Stumpf			erhaltenes Bein		
	Kraftzunahme während der Kur			Kraftzunahme während der Kur		
	in % des Ausgangswertes			in % des Ausgangswertes		
	A	B	A-B	A	B	A - B
Beugung	24,4 $\pm$ 3,0	16,3 $\pm$ 3,7	8,1	28,4 $\pm$ 3,8	21,7 $\pm$ 3,4	6,7
Streckung	33,2 $\pm$ 4,2	17,3 $\pm$ 3,1	15,9	33,9 $\pm$ 3,9	21,5 $\pm$ 3,1	12,4
Abduktion	31,8 $\pm$ 4,1	21,1 $\pm$ 3,4	10,7	47,6 $\pm$ 8,5	27,6 $\pm$ 4,9	20,0
Adduktion	23,3 $\pm$ 2,9	14,1 $\pm$ 2,7	9,2	15,6 $\pm$ 2,3	18,4 $\pm$ 2,9	-2,8
Mittelwert:	28,2	17,2	8,2	31,4	22,3	8,4

A = mit zusätzlichem Training während der Kur

B = ohne zusätzliches Training während der Kur

TABELLE XI

Die mittlere prozentuale Kraftzunahme pro Woche und mittlere Fehler des Mittelwertes für Stumpf und erhaltenes Bein von je 60 Oberschenkelamputierten mit und ohne zusätzliches Training

	Stumpf			erhaltenes Bein		
	Kraftzunahme pro Woche in % des Ausgangswertes			Kraftzunahme pro Woche in % des Ausgangswertes		
	A	B	A-B	A	B	A-B
Beugung	8,3 ± 0,88	6,6 ± 1,10	1,7	8,9 ± 1,05	7,7 ± 1,10	1,2
Streckung	11,1 ± 1,38	6,3 ± 0,86	4,8	11,2 ± 1,26	7,5 ± 0,92	3,7
Abduktion	10,8 ± 1,25	7,7 ± 1,06	3,1	16,1 ± 2,66	9,9 ± 1,55	6,2
Adduktion	8,1 ± 0,89	5,5 ± 0,76	2,6	5,6 ± 0,63	7,3 ± 0,98	-1,7
Mittelwert	9,7 ± 0,75	6,6 ± 0,66	3,1	10,4 ± 0,86	8,0 ± 0,66	2,4

A = mit zusätzlichem Training während der Kur

B = ohne zusätzliches Training während der Kur

TABELLE XII

Unterschiedliche Trainierbarkeit in den vier Bewegungsrichtungen.

	<u>Stumpf</u>		<u>erh. Bein</u>	
	A	B	A	B
Abduktion	1100	100	100	100
Streckung	104	82	71	73
Beugung	77	77	60	79
Adduktion	73	67	33	67

ABBILDUNG 1

Kraftmeßgerät bei der Beugung am erhaltenen Bein.



ABBILDUNG 2

Kraftmeßgerät bei der Streckung am Stumpf.



ABBILDUNG 3

Kraftmeßgerät bei der Adduktion am Stumpf.

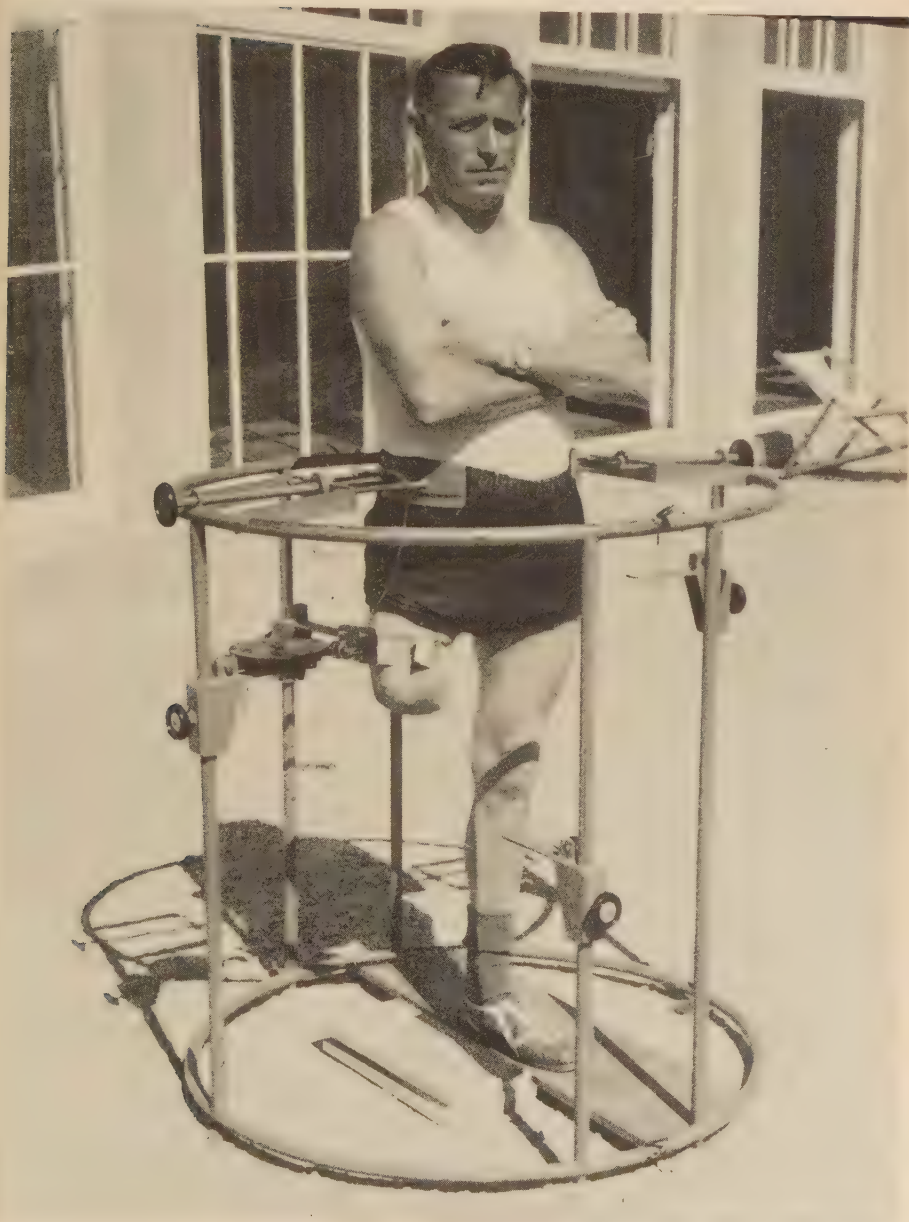
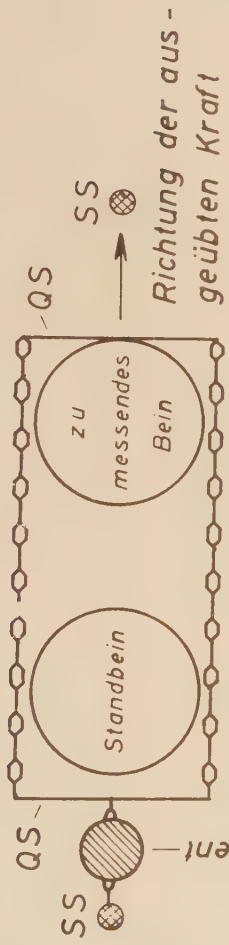


ABBILDUNG 4

Kraftmeßgerät bei der Abduktion am Stumpf.



SS - Seitenstange
QS - Querstange

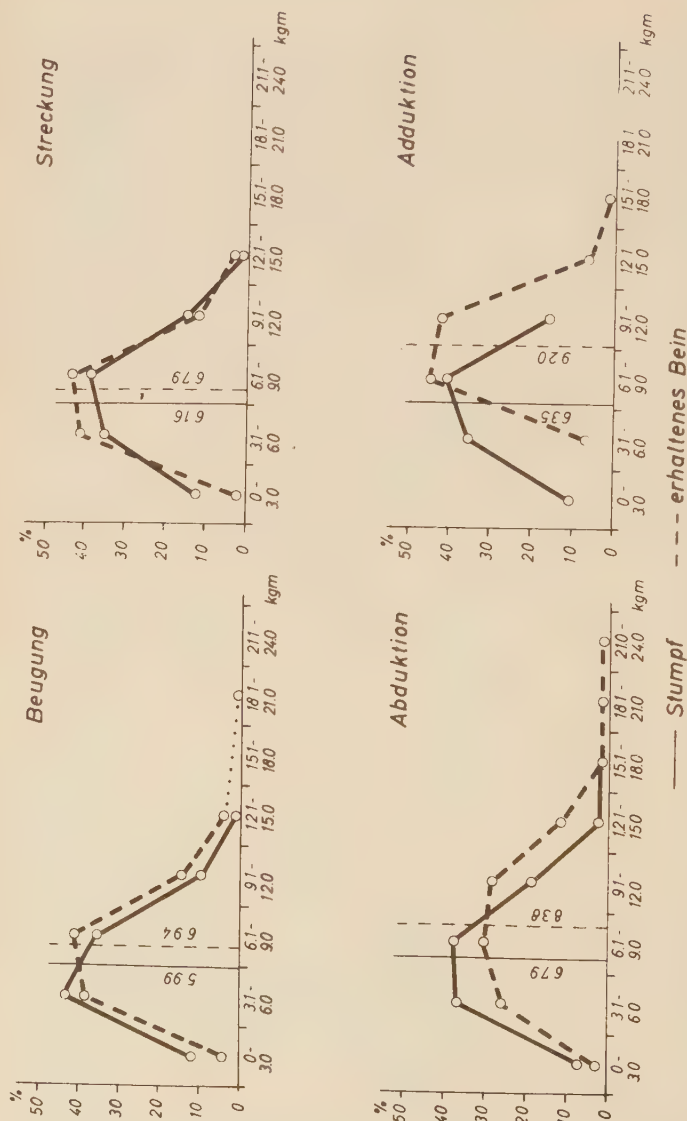


nach Hettinger

MPI
1958

Prinzip der Messung der
Abduktionskräfte

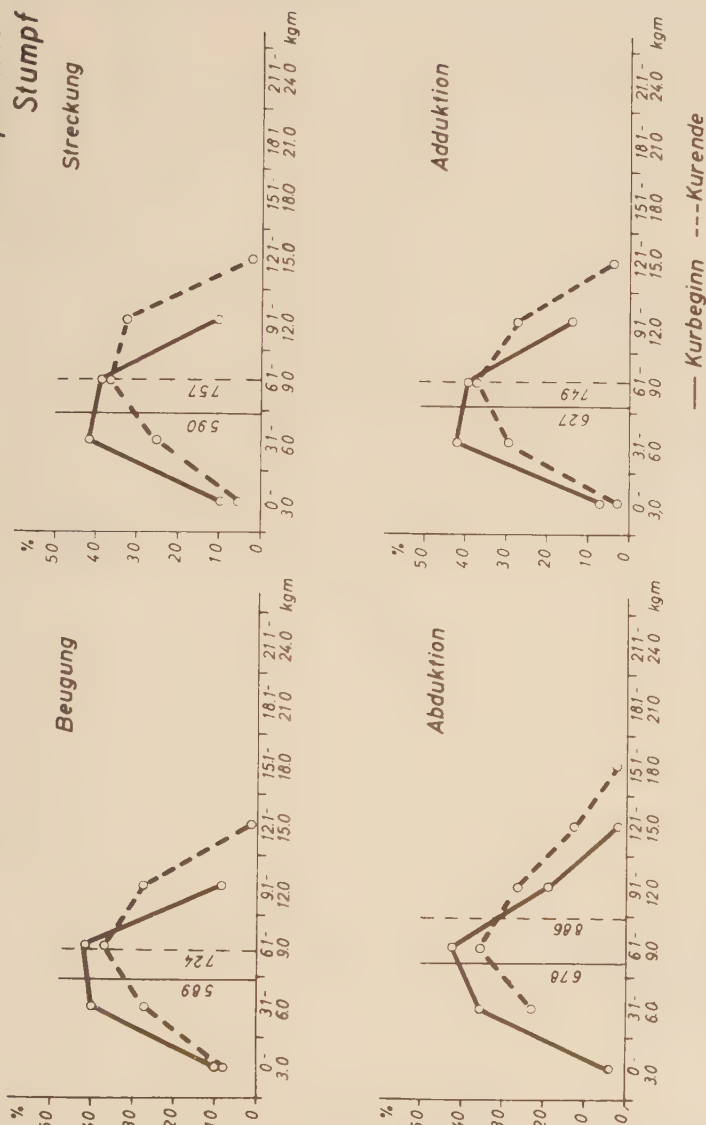
M
1089



**Häufigkeitsverteilung der maximalen Drehmomente vor
heilgymnastischen Kuren
(Mittelwert der Gruppen A und B)**

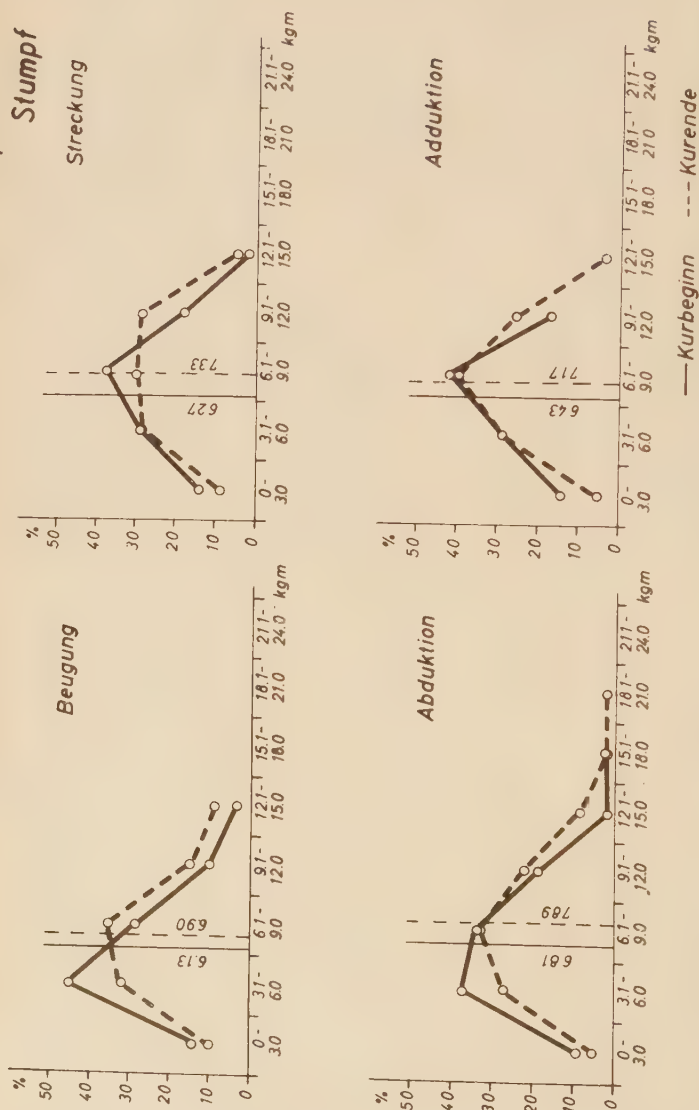
Abb. 7

OS - Amputierte Stumpf



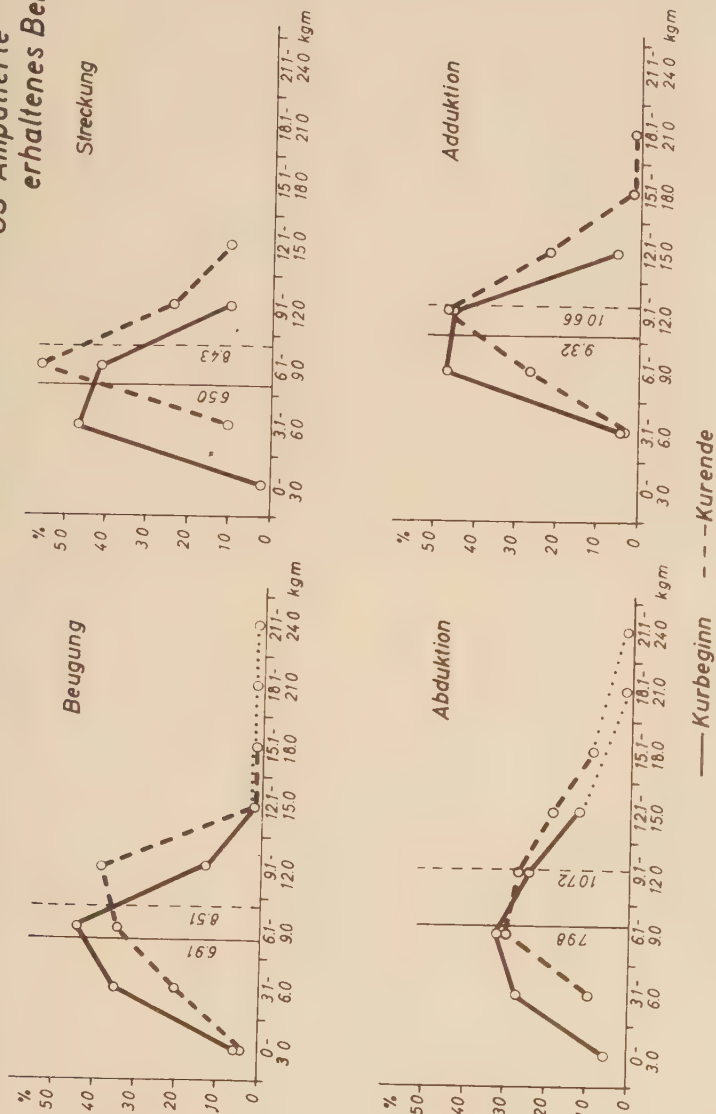
Häufigkeitsverteilung der maximalen Drehmomente vor und nach heilgymnastischen Kuren mit zusätzl. Training

OS-Amputierte Stumpf



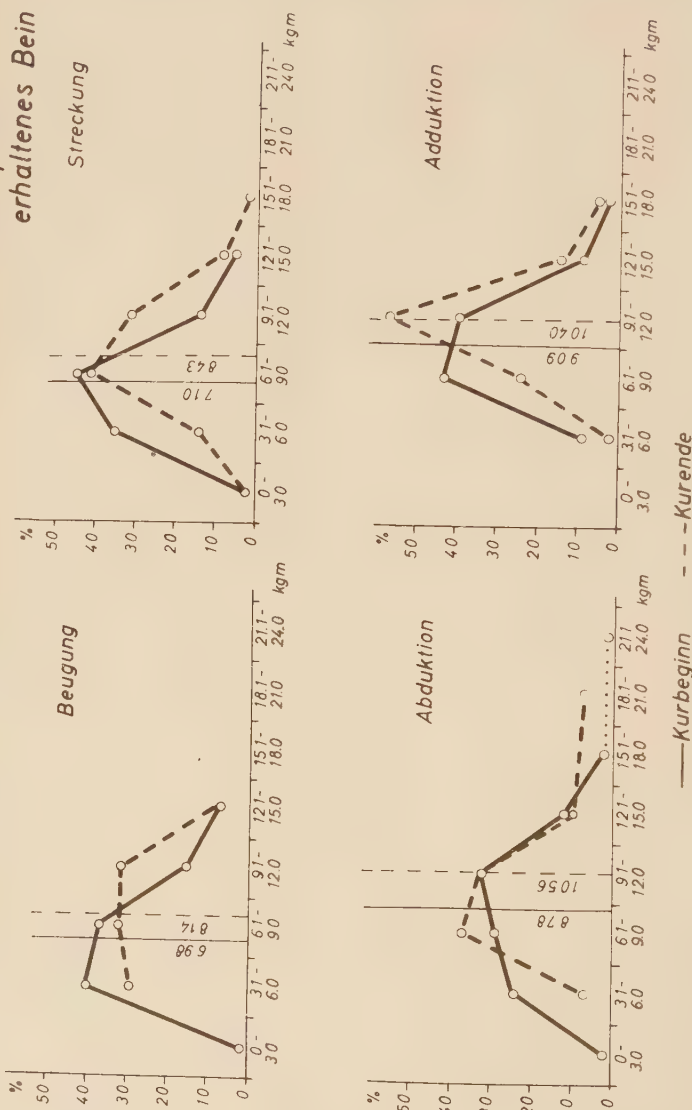
Häufigkeitsverteilung der maximalen Drehmomente vor
und nach heilgymnastischen Kuren ohne zusätzl. Training

Abb.9

OS-Amputierte
erhaltenes Bein

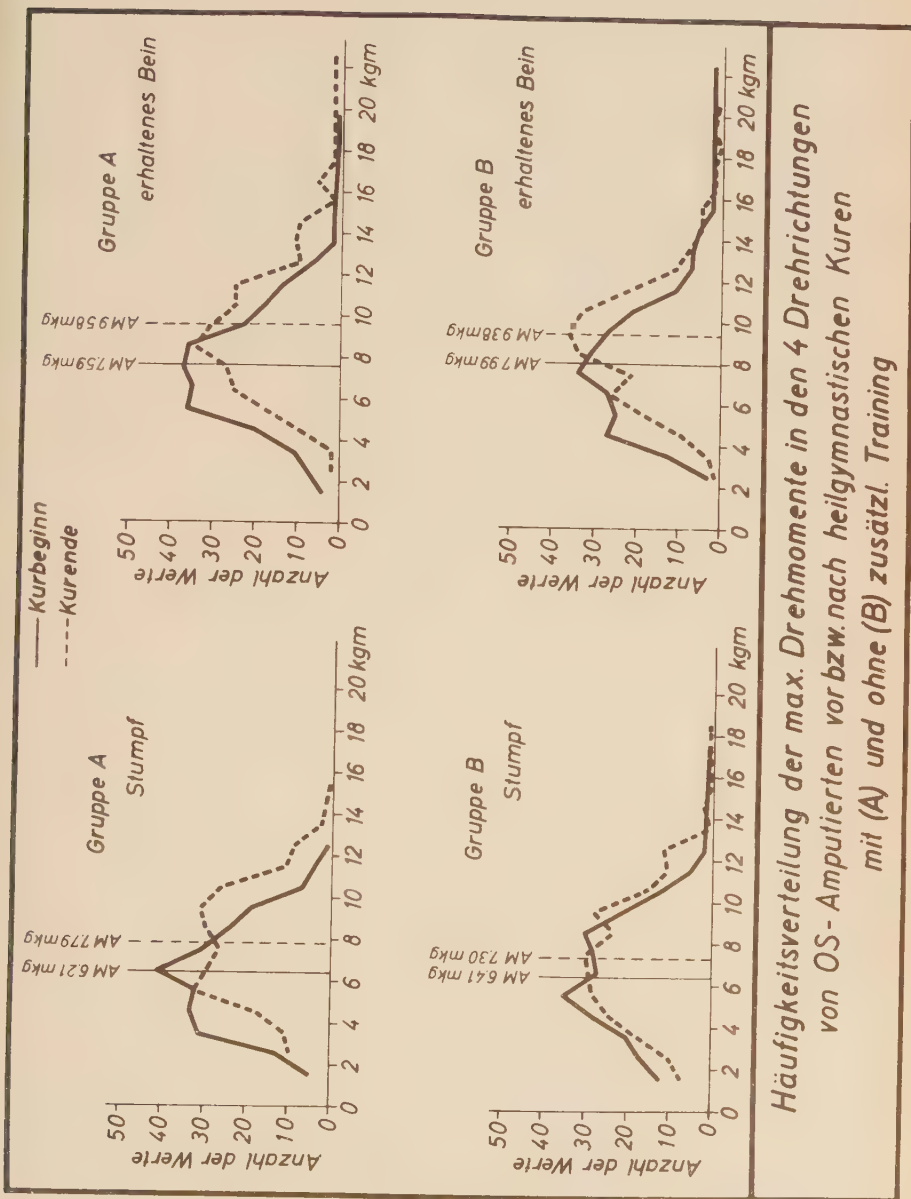
Häufigkeitsverteilung der maximalen Drehmomente
vor und nach heilgymnastischen Kuren mit zusätzl. Training

OS-Amputierte erhaltenes Bein



Häufigkeitsverteilung der maximalen Drehmomente
vor und nach heilgymnastischen Kuren ohne zusätzl. Training

Abb. 11



VI. SCHRIFTTUM

Beck, W. u. Hettinger Th.:

Msch. Unfallhk. 59, 116, 1956.

Bethe, A. u. E. Fischer: Arb. phys. 1, 600, 1929.

Bräuninger, H.: Zschr. Sportmedizin 3, 69, 1956.

Cullumbine, H.: J. appl. Phys. 2, 488, 1950.

Feneis, H.: Med. Klin. 42, 814, 1947.

Grund, G.: Arch. exper. Path. Pharmak. 67, 393, 1912.

Härting, F.: Präv. Med. u. Leibesüb. i. d. Jug. 141, 1955.

(1) Hettinger, Th.: Arb. phys. 15, 201, 1953.

(2) Hettinger, Th.: Arb. phys. 14, 332, 1951 und
Zschr. f. Orthop. 91, 131, 1959.

Hettinger, Th. u. E. A. Müller:

Arb. phys. 15, 111, 1953.

Hettinger, Th. u. Müller-Wecker, H.:

Arb. phys. 15, 459, 1954.

König, P.: Lehrb. d. Sportmed. in Druck, Ferd. Enke-Verl.
Stuttg. und
Zschr. f. Kriegsoferfürsorge 1957.

Lange, M.: Kongr. d. Deutschen Ges. f. Orthop. Wiesbaden
1952 u. Unfallorthop. Ferd. Enke-Verlag,
Stuttgart 1949

Mallwitz, A.: Zschr. f. Krüppelfürsorge 1, 1, 1920.

Meyeringh, H. u. Stefani, H.:

Aus d. ärztl. Dienst des Landesversorgungsamtes
Schl.-Holst.

(1) Müller, E. A. u. Hettinger, Th.:

Verh. dtsch. orthop. Ges. 40. Kongr. 256, 1952 und
Arb. phys. 15, 223, 1953

(2) Müller, E. A. u. Hettinger, Th.:

Zschr. f. Orthop. 83, 617, 1953

- Reys, J. H. O.: Pflüg. Arch. 191, 234, 1921.
- Robinson, Sid.: Arb. phys. 10, 251, 1936.
- Roux, W.: Ges. Abh. ü. Entw. mech. d. Organismen, 1, 1895.
- Schochrin, U. A.: Arb. phys. 8, 251, 1934.
- Schulze, K.: Schriftenr. Arb. u. Ges.: 33, 1940.
- Ufland, J. M.: Arb. phys. 7, 251, 1933.
- Witt, A. N.: Leibesüb., Sportarzt, Erziehung 12, 304, 1952 und
Verh. d. Deutschen Orthop. Ges. 83, 173, 1953.

Am Schluß meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. E. A. MÜLLER herzlichst zu danken für die Überlassung des Themas und für die großzügige Unterstützung bei der Durchführung meiner Versuche.

Ferner danke ich Herrn Dr. Th. HETTINGER für die wertvollen Anregungen bei der Ausführung und Auswertung der Versuche.

Herrn Prof. Dr. R. WAGNER danke ich für die Übernahme des Correferates.

L E B E N S L A U F

Ich, Hansjörg Bräuninger, wurde am 31. 5. 1936 als Sohn des damaligen Assistenzarztes Dr. med. Heinrich Bräuninger und dessen Ehefrau Walda, geb. Klinger, in München geboren.

In München besuchte ich von 1942 bis 1946 die Volksschule und in Neuburg a. d. Donau das humanistische Gymnasium, wo ich 1954 die Reifeprüfung ablegte. Anschließend studierte ich in München Medizin und bestand nach 5 Semestern die ärztliche Vorprüfung. Die klinischen Semester verbrachte ich in Wien, Tübingen und wieder in München. Dort bestand ich am 29. 7. 1960 das med. Staatsexamen.



